

SINTERED ALLOY OF GRADED COMPOSITION STRUCTURE AND ITS PRODUCTION

Patent number: JP4128330
Publication date: 1992-04-28
Inventor: KOBAYASHI MASAKI
Applicant: TOSHIBA TUNGALOY CO LTD
Classification:
- International: C22C1/05; B22F3/24; C22C29/08
- european:
Application number: JP19900246468 19900917
Priority number(s):

Abstract of JP4128330

PURPOSE: To develop the sintered alloy having the graded compsn. structure which is excellent in wear resistance, plastic deformation resistance, toughness, corrosion resistance, oxidation resistance, and the wear resistance and chipping resistance at a high temp. by gradually decreasing diffusing elements from the surface to the inside of the sintered alloy consisting of a hard phase essentially consisting of a metallic carbide contg. WC and a bond phase essentially consisting of iron-group metals.

CONSTITUTION: The sintered alloy of the graded compsn. structure of this invention is the sintered alloy consisting of 5 to 50vol.% bond phase essentially consisting of the iron-group metals, such as Co, Ni and Fe, and the hard phase as the balance essentially consisting of the metallic carbide including tungsten carbide and unavoidable impurities. At least one kind of the diffusing elements among Cr, Mo, V, Ta, Al, Ti, Zr, Nb, Hf, W, Si, B, P, and C in the surface layer, gradually decrease to the inside from the surface of a part or the whole of the surface of such alloy down to 0.2 to 10mm inside; in addition, this sintered alloy is characterized by the gradual increases in either or both of the relative concn. of the above-mentioned bond phase and the average grain diameter of the above-mentioned tungsten carbide from the surface to the inside.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑪ 公開特許公報 (A)

平4-128330

⑫ Int. Cl. 5

C 22 C 1/05
B 22 F 3/24
C 22 C 29/08

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)4月28日

H 7619-4K
K 7803-4K
8825-4K

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全7頁)

⑭ 発明の名称 傾斜組成組織の焼結合金及びその製造方法

⑫ 特 願 平2-246468

⑫ 出 願 平2(1990)9月17日

⑬ 発明者 小林 正樹 神奈川県川崎市幸区塚越1丁目7番地 東芝タンガロイ株式会社内

⑭ 出願人 東芝タンガロイ株式会社 神奈川県川崎市幸区塚越1丁目7番地

明細書

1. 発明の名称

傾斜組成組織の焼結合金及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) 鉄族金属を主成分とする結合相5～50体積%と、残り炭化タンクス滕を含む金属炭化物を主成分とする硬質相と不可避不純物とからなる焼結合金において、該焼結合金の表面の1部もしくは全面に亘る表面から0.2～10mmの内部までの表面層は、Cr, Mo, V, Ta, Al, Ti, Zr, Nb, Hf, W, Si, B, P, Cの中の少なくとも1種の拡散元素が表面から内部に向って漸次減少し、かつ該結合相の相対濃度と該炭化タンクス滕の平均粒径の一方もしくは両方が表面から内部に向って漸次増加又は増大していることを特徴とする傾斜組成組織の焼結合金。

(2) 上記焼結合金の表面から内部に向って0.2mmまでの表面層における上記拡散元素の平均的濃度(Cs)と、該内部における上記拡散元素の平均的濃度(Ci)との比がCs/Ci=2.0以上で、かつ該表

面層における上記結合相の平均的濃度(bs)、上記炭化タンクス滕の平均粒径(ds)と、該内部における上記結合相の平均的濃度(bi)、上記炭化タンクス滕の平均粒径(di)との比がbs/bi=0.9以下及び/又はds/di=0.9以下であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の傾斜組成組織の焼結合金。

(3) 上記焼結合金の表面から内部に向って0.2mmまでの表面層における平均ピッカース硬さ(HVs)と、該内部における平均ピッカース硬さ(HVi)との比がHVs/HVi=1.10以上であることを特徴とする特許請求の範囲第1項又は第2項記載の傾斜組成組織の焼結合金。

(4) 鉄族金属を主成分とする粉末5～50体積%と、残り炭化タンクス滕を含む金属炭化物を主成分とする粉末とを粉砕混合して混合粉末を得る工程、該混合粉末を所定の形状に加圧成形して粉末成形体を得る工程、Cr, Mo, V, Ta, Al, Ti, Zr, Nb, Hf, W, Si, B, P, Cの中の少なくとも1種の拡散元素を含む金属、合金、化合物の固体物

質を該粉末成形体に接触させて真空又は非酸化性雰囲気中で1250~1550°Cに加熱するか、もしくは該拡散元素を含むガス雰囲気中で1250~1550°Cに加熱する工程とからなることを特徴とする傾斜組成組織の焼結合金の製造方法。

(5) 上記鉄族金属がCo及び／又はNiからなり、上記炭化タンクスチレンが平均粒度0.5 μm以下、上記拡散元素粉末が金属炭化物であることを特徴とする特許請求の範囲第4項記載の傾斜組成組織の焼結合金の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、旋削工具、フライス工具、ドリル、エンドミルなどの切削工具、ダイ、パンチ、スリッター、ライナー、攪拌棒などの耐摩耗工具、カッターピットなどの土木建設工具又は化学薬品用ノズル、時計外装部品などの耐腐蝕性工具に代表される各種の工具もしくは工具部品として適する傾斜組成組織の焼結合金及びその製造方法に関するものである。

号公報に開示の焼結合金は、表面から最大深さ1mmまでの内部に向って連続的に低くなる硬さ分布を有し、しかも内部硬さに対して表面硬さが5~30%高い硬質表層をもつ合金である。この同公報に開示の焼結合金の硬質表層は、液相出現温度以下での浸炭雰囲気処理と真空焼結とにより形成させたもので、単なるの硬質表層の硬質相中の結合炭素量により生じた硬さ分布であることから、耐摩耗性と韌性の両方を高めるという効果が弱く、結局用途範囲が限定されるという問題がある。

また、特開平2-209448号公報及び特開平2-209449号公報には、超硬合金の表面に合金の内部よりも結合相量の減少してなる表面領域を形成させた合金が開示されている。これらの公報に開示の超硬合金の表面領域は、結合相量のみを調整させたものであること、及び結合相量が連続的に変化しているものでないことから、耐塑性変形性、耐摩耗性及び韌性を同時に全て向上させるということが弱く、困難であるという問題がある。

本発明は、上述のような問題点を解決したもの

(従来の技術)

WCを主成分とする硬質層とCo及び／又はNiを主成分とする結合相とからなっている超硬合金は、各種の工具に使用されており、その工具の用途に応じて硬質相の粒度及び種類、結合相量、添加物の種類及び量などを調整し、耐摩耗性と韌性のバランスを保持させている。しかし、超硬合金の耐摩耗性と韌性は、一方を向上させると他方が低下するという二律背反的な傾向にあることから、両方を同時に改善することは非常に困難な問題である。

この問題を解決しようとしたものに、超硬合金などの焼結合金の表面近傍と内部との組成組織を異なるようにした合金があり、その代表的なものとして特開昭54-139815号公報、特開平2-209448号公報及び特開平2-209449号公報で提案されている。

(発明が解決しようとする課題)

焼結合金の表面近傍と内部との組成組織を異なるようにした先行技術の内、特開昭54-139815

で、具体的には、炭化タンクスチレンを含む金属炭化物を主体とする硬質相と鉄族金属を主体とする結合相とからなる焼結合金の表面から0.2~10mmの内部までに拡散元素を漸次減少させるように存在させて、かつ結合相の相対濃度と該炭化タンクスチレンの平均粒径の一方もしくは両方を漸次増加及び／又は増大させた表面層を形成し、耐摩耗性、耐塑性変形性、韌性、耐腐蝕性、耐酸化性及び高温での耐摩耗性、耐欠損性にすぐれる傾斜組成組織を有する焼結合金の提供を目的とするものである。

(課題を解決するための手段)

本発明者は、従来の超硬合金が耐摩耗性を向上させると韌性が低下し、韌性を向上させると耐摩耗性が低下するという問題について検討していた所、超硬合金の製造工程の内、粉末成形体の焼結時に、拡散が容易で、かつ表面層を硬化させ得る元素を有する表面領域に亘り傾斜をもたせて拡散させ、しかも表面層における結合相濃度及び／又は炭化タンクスチレンの平均粒径の分布を制御して

表面層をさらに硬化すると、超硬合金自体の耐摩耗性、韌性及び耐塑性変形性が顕著に向ふ向上するという知見を得たものである。この知見に基づいて、本発明を完成するに至ったものである。

すなわち、本発明の傾斜組成組織の焼結合金は、鉄族金属を主成分とする結合相5～50体積%と、残り炭化タンクス滕を含む金属炭化物を主成分とする硬質相と不可避不純物とからなる焼結合金であつて、その表面の1部もしくは全面に亘る表面から0.2～10mmの内部までの表面層は、Cr, Mo, V, Ta, Al, Ti, Zr, Nb, Hf, W, Si, B, P, Cの中の少なくとも1種の拡散元素が表面から内部に向ふて漸次減少し、かつ該結合相の相対濃度と該炭化タンクス滕の平均粒径の一方もしくは両方が表面から内部に向ふて漸次増加又は増大していることを特徴とするものである。

この本発明の傾斜組成組織の焼結合金における結合相は、Co, Ni, Feの少なくとも1種又はこれらの相互合金からなる場合、もしくは結合相中の50体積%以上がCo, Ni, Feの少なくとも1種で、

て表面層中の結合相に固溶した、例えばCo-Cr, Ni-Cr, Co-V, Ni-V, Co-Zr, のような状態で存在し、場合によっては結合相中に、例えばCo₃Si, Ni₃Al, Al₂Ti, のような金属間化合物の状態で存在し、場合によっては、例えばCr₃C, Mo₂C, (V, W)C, (Ti, W)C, (Ta, W)Cのような硬質相の構造で存在するものである。これらの拡散元素の内、V, Cr, Mo, C, B, Al, Si, Pは、主として結合相に固溶して、表面層を硬化すると共に、表面層中の結合相量を減少させる効果がある。また、拡散元素の内、Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, Wは、表面層を硬化すると共に、表面層中の炭化タンクス滕の粒子成長を抑制させる効果がある。

さらに、拡散元素の内、Cr, Moは、強度低下が少なく、硬さ向上が大きいことから特に好ましく、結合相濃度にはCが有効で、WC粒成長抑制にはCo結合相では、V, Cr, Taが有効で、Ni結合相ではCr, Al, Tiが有効であることから好ましく、2種以上の拡散元素もさらに好ましいものである。

残りが、例えばCr, Mo, V, Al, Cu, Mnからなる場合であるが、この内、Co及び/又はNiでなる場合、あるいはCo及び/又はNiに数%以下の微量の拡散元素の含有してなる結合相が好ましいことである。

この結合相の他に、本発明の焼結合金を構成している硬質相は、炭化タンクス滕のみからなる場合、又は炭化タンクス滕と周期律表4a, 5a, 6a族金属の炭化物、炭窒化物及びこれらの相互固溶体の中の少なくとも1種のB-1型結晶構造の化合物とからなる場合がある。

この本発明の焼結合金を構成している表面層は、その部分に、主として結合相に固溶する拡散元素を存在させることにより、内部に比べて硬化させ、その結果焼結合金自体の耐摩耗性を高めたもので、その厚さが0.2mm未満では耐摩耗性の向上が弱く、逆に10mmを超えて厚くなると韌性の低下及び製造上の困難性を伴うことから、0.2～10mmと定めたものである。

この表面層中に存在させる拡散元素は、主とし

特に、表面層中における拡散元素の濃度、炭化タンクス滕の粒径、結合相濃度については、焼結合金の表面から内部に向ふて0.2mmまでの表面層における拡散元素の平均的濃度(Cs)と内部における拡散元素の平均的濃度(Ci)との比がCs/Ci=2.0以上で、かつ該表面層における結合相の平均的濃度(bs)、炭化タンクス滕の平均粒径(ds)と、内部における結合相の平均的濃度(bi)、炭化タンクス滕の平均粒径(di)との比がbs/bi=0.9以下及び/又はds/di=0.9以下であることが耐摩耗性と韌性の両方を高めるのに好ましいことである。

さらに、この表面層における硬さについては、焼結合金の表面から内部に向ふて0.2mmまでの平均ビッカース硬さ(HVs)と、内部における平均ビッカース硬さ(HVi)との比がHVs/HVi=1.10以上であることが好ましいことである。

本発明の傾斜組成組織の焼結合金は、粉末圧粉体の焼結時又は焼結後にその表面から拡散元素を拡散させればよく、その方法としては、例えば拡

散させようとする拡散元素の含有した固体、液体又は気体から拡散させるという方法があるけれども、特に次の方法で行うと表面層の厚さ及び拡散元素の傾斜度合いなどの制御が容易で好ましいことである。

すなわち、本発明の傾斜組成組織の焼結合金の製造方法は、鉄族金属を主成分とする粉末5～50体積%と、残り炭化タンクスチレンを含む金属炭化物を主成分とする粉末とを粉碎混合して混合粉末を得る工程、該混合粉末を所定の形状に加圧成形して粉末成形体を得る工程、拡散元素を含む金属、合金、化合物の固体物質を粉末成形体に接触させて、真空又は非酸化性雰囲気中で1250～1550℃に加熱するか、もしくは拡散元素を含むガス雰囲気中で1250～1550℃に加熱する工程とからなることを特徴とする方法である。この方法における工程の内、拡散元素を含む固体物質を粉末成形体に接触させると、例えば粉末の固体物質を粉末成形体表面に一体化成形する方法、粉末成形体の表面に塗付する方法、又は粉末の固体物質を塗付

行うのが好ましいことである。

(作用)

本発明の傾斜組成組織の焼結合金は、主として表面層が耐摩耗性及び耐塑性変形性を高め、内部が韌性を高める作用をし、表面層中の拡散元素と、結合相の相対濃度及び/又は炭化タンクスチレンの平均粒径との相乗効果もあって表面層を硬化する作用をし、拡散元素の内、V、Cr、Mo、C、B、Al、Si、Pの場合は、液相出現温度を低下させる作用をし、その結果焼結(加熱)時に表面で優先的に液相が出現し、この液相が毛細管現象でもって、内部に向って急激に移動し、表面部の結合相量を減少させる作用をし、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wの拡散元素の場合は、焼結時にWC粒子の成長を抑制する作用をし、その結果表面層のWC粒径を内部よりも微細にするという作用をしているものである。

(実施例)

市販の平均粒径が0.1μmと3.0μmのWC粉末、Co粉末、1.5μmのカーボニルNi粉末、1.2

した焼結用板体に粉末成形体を載置させる方法、もしくは固体物質中に粉末成形体を埋設させる方法を挙げることができる。また、固体物質としては、拡散元素の含有した金属や合金の他に、例えばTiC、Cr₂C₃、VC、Ti(C,N)、TiNなどの化合物を用いることができ、特に周期律表4a、5a、6a族金属の拡散元素からなる場合には、その炭化物を固体物質として用いると表面層中への脱炭相(Co₃W₂C)の生成が抑制されるので好ましいことである。

表面層中の拡散元素の量又は表面層の厚さは、粉末成形体に接触させる固体物質の量によっても調整することができるけれども、結合相中の拡散元素の拡散係数、焼結のための加熱温度、保持時間によって制御するのが好ましいことである。

また、拡散元素を含むガス雰囲気によって拡散元素を焼結合金の表面に拡散させる場合は、例えばTiC₂、VOC₂、Cr₂C₃、ZrC₂、NbOC₂、MoF₆、HfC₂、TaC₂、BC₂、Al₂C₂、SiC₂、PC₂などの塩化物又は酸塩化物と、H₂及びCH₄の混合気体ガス雰囲気中で

μmのカーボニルFe粉末、1.1μmのWC/TiC/TaC=50/20/30の固溶体粉末をそれぞれ第1表に示す配合組成に秤量配合し、超硬合金製のボットにアセトン溶媒、超硬合金製ポールとともに袋入して48hr混合粉碎した。乾燥後80℃に加熱しながら1.5wt%のバラフィンワックスを添加混合し、混合粉末を得た。

次に20φのプレスマールドを使用し、その下ビンのプレス面にTiC、VC、Cr、TaC、黒鉛、Al₂C₃の各粉末もしくはこれらの混合粉末からなる第1表の拡散元素粉末を均一に敷き、その後この下ビンをモールドにセットし、第1表の配合組成の各混合粉末を充填して1ton/cm³の圧力で加圧することにより下面に各拡散元素の薄膜が一体化成形された20φ×25mmの成形体を作製した。得られた成形体をAlN粉末を敷いたカーボン板に置き、真空炉に袋入して約10⁻³Torrの雰囲気中、所定の温度、時間条件で焼結し、本発明品1～10を得た。

また、第1表に示す配合組成の各混合粉末を用

いて、 $20\phi \times 25\text{mm}$ の成形体を作製し、この片面にバラフィンワックスとヘキサンに混存させた Cr_3C_2 粉末あるいは NbC 粉末を所定量塗付した後、同様に真空中焼結し、本発明品 11, 12を得た。一方、成形体を Al_2O_3 粉末と Mo_2C あるいは B_4C 粉末との混合粉末中に埋設し、真空焼結して本発明品 13, 14を得た。

さらに第1表の配合組成の混合粉末の成形体を $\text{N}_2 - 1.0\text{ vol\% H}_2 - 0.5\text{ vol\% CH}_4 - 0.1\text{ vol\% TiCl}_3$ からなる混合ガス中で焼結し、本発明品 15を得た。

以上の条件によって作製された円柱状の焼結体(約 $20\phi \times 20\text{mm}$)を切断し表面層と内部について、拡散元素の濃度、結合相量、WC粒径及びピッカース硬さを測定した。結果を拡散処理を施していない通常焼結の超硬合金と比較して第2表に示した。また、本発明品 4 の表面から内部に向っての拡散元素濃度、結合相 Co量、WC粒径、ピッカース硬さの分布の実測値を第1図及び第2図に示した。

試験番号	組成配合割合 (wt%)			他の元素及びその処理方法	焼結条件 温度(℃) - 時間(h)	表面層 厚み (mm)
	WC	Co	その他の			
1	90 (0.1μm)	10	—	10wt% TiCl ₃ 加熱	1420-60	2.4
2	90 (0.1μm)	10	—	10wt% NbC 加熱	1420-60	2.2
3	75 (0.1μm)	25	—	20wt% TaC 加熱	1420-60	5.6
4	75 (0.1μm)	25	—	10wt% Cr 加熱	1400-60	2.6
5	90 (3μm)	10	—	100wt% Cr 加熱	1450-60	3.8
6	70 (0.1μm)	10	—	50wt% Cr 加熱	1400-60	3.6
7	70 (0.1μm)	10	—	100wt% Cr 加熱	1420-60	2.9
8	85 (0.1μm)	—	15Ni	50wt% Cr 加熱	1460-180	6.4
9	85 (0.1μm)	—	15Ni	20wt% NbC 加熱	1400-60	3.1
10	60 (0.1μm)	—	15Ni	20wt% TaC 加熱	1380-60	2.9
11	90 (0.1μm)	10	—	50wt% Cr, Ni, TaC 加熱	1420-60	2.4
12	60 (0.1μm)	10	—	1380-60	6.0	1.1
13	70 (0.1μm)	10	—	1400-180	4.9	5.4
14	60 (0.1μm)	10	—	1380-30	3.0	2.1
15	65 (0.1μm)	—	15Ni	1400-60	6.0	2.1

* Tは、WC/TiC/NbC=50/20/30 (wt%) の固溶体、1μm粉末を示す。

試験番号	表面層											
	拡散元素濃度 (wt%)			結合相濃度 (wt%)			WC粒径 (μm)			ピッカース硬さ		
	Cs	Ci	Cs/Ci	bs	bi	bs/bi	ds	di	ds/di	HVs	HVi	HVs/HVi
本発明品	0.24	<0.02	>12	7.55	9.72	0.77	0.29	0.87	0.33	1910	1520	1.26
	0.76	<0.02	>38	8.14	9.81	0.83	0.24	0.91	0.26	1950	1540	1.27
	0.35	<0.02	>17.5	21.6	24.5	0.88	0.31	0.88	0.35	1320	980	1.35
	3.32	0.08	41.5	21.5	24.7	0.87	0.22	1.14	0.19	1410	990	1.42
	2.16	0.08	27	8.10	9.85	0.82	1.94	2.25	0.86	1440	1270	1.13
	7.92	7.80	1.015	7.42	9.77	0.76	0.31	0.33	0.94	1820	1620	1.12
	3.56	0.05	71.2	11.4	15.1	0.75	0.31	1.07	0.29	1630	1390	1.17
	2.47	0.07	35.3	12.4	14.9	0.83	0.19	1.19	1.00	1800	1400	1.29
	0.84	<0.02	>42	12.9	14.9	0.86	0.42	1.02	0.41	1610	1380	1.17
	8.13	0.08	102	31.6	38.7	0.82	0.52	0.74	0.72	870	750	1.16
	2.72	0.06	45.3	7.54	9.79	0.77	0.27	0.89	0.30	1920	1530	1.25
	1.67	<0.02	>83.5	32.1	39.2	0.82	0.41	0.82	0.50	910	760	1.20
	2.08	<0.02	>104	7.95	9.82	0.81	0.30	0.30	1.00	1890	1630	1.16
	0.27	<0.05	>5.4	33.5	38.5	0.87	0.51	0.62	0.82	950	740	1.28
	0.16	<0.02	>8.0	12.5	14.8	0.84	0.29	1.15	0.25	1890	1540	1.23

比較品

比較品1は、市販のJIS E4相当品

比較品2は、市販のJIS P30相当品

比較品3は、市販のマイクロアロイ超硬合金

第2表中に示した各因子の測定は、

拡散元素の濃度：EPMA分析により、表面より0.2 mmまでの平均濃度Csと内部での値Ciを測定した。

結合相量：EPMA分析により、表面より0.2 mmまでの平均濃度bsと内部での値biを測定した。

WC粒径：SEMの組成像から、表面より0.2 mmまでの平均粒径dsと内部の粒径diを算出(Fulmanの式)した。

ビッカース硬さ：微少硬度計を用い荷重200gにて、表面より0.2 mmまでのビッカース硬さHVsと内部の硬さHViを測定した。

次に、本発明品の実用試験結果について述べる。

し、本発明品を使用したカッターピット用チップでは掘削面のみ拡散効果処理を施し、ローフ付面はそのままとした。

この結果、比較品No1は、20ヶ中5ヶが完全に破損、摩滅し、3ヶが刃先部に大きな欠損が見られた。

一方、本発明品No4は、全て正常な摩耗で、まだ使用可能な状態であった。このときに用いたカッターピットのチップの鋼材へのローフ付時におけるチップ内に発生するローフクラックは、比較品No1が10ヶに1ヶの割合であったのに対し、本発明品No4にはローフクラックの発生が見られなかった。

(発明の効果)

本発明の傾斜組成組織の焼結合金は、耐摩耗性がすぐれると同時に、韧性、耐衝撃性にすぐれることから耐欠損性、耐破損性にもすぐれるもので、その結果切削工具、耐摩耗工具又は土木建設工具などの工具、工具部品として用いると高寿命になるという効果があること、特にドリルやカッ

まず、第2表中の本発明品No1と比較品No3を用いて、外径10φ10mm、切刃部長さ60mm、柄部30mmのソリッドドリルを製作し、ダクタイル鉄物FCD60の板材(厚み30mm)を使用して、切削速度50m/min、送り速度0.2～0.4 mm/revの条件で穴明けテストを実施した。500穴加工後のコーナー部摩耗量を第3表に示す。

第3表

送り量 試料	0.2mm/rev	0.3mm/rev	0.4mm/rev
本発明品 No1	0.41mm	0.54mm	0.62mm
比較品 No3	0.63mm	0.83mm	143穴目で 折損

この結果から明らかのように本発明品は外周切刃部の耐摩耗性にすぐれると同時に軸中心の韧性が高いため折損しにくいものである。

次に、第2表中の本発明品No4と比較品No1を用いて、約20×20×30mm³のチップを鋼材にローフ付したカッターピット20ヶを製作し、花崗岩と砂岩の混存した岩盤を1m³回転掘削を行った。ただ

ターピットのような回転工具として用いると従来の焼結合金に比較して高寿命化が顕著である。

4. 図面の簡単な説明

第1図は、実施例の本発明品No4焼結合金の表面から内部における結合相濃度、拡散元素であるCr、V濃度の分布状態を表わす曲線図である。

第2図は、実施例の本発明品No4焼結合金の表面から内部におけるWCの平均粒径、ビッカース硬さの分布状態を表わす曲線図である。

図中、1：結合相濃度曲線

2：Cr拡散元素の濃度曲線

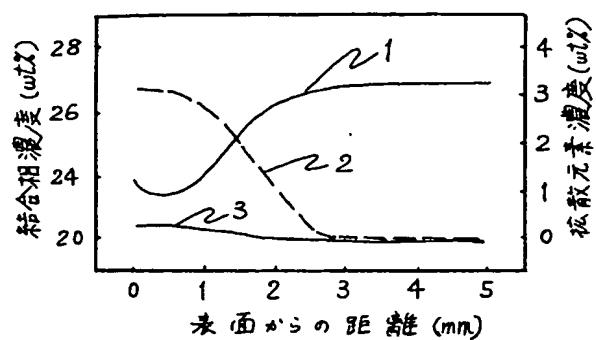
3：V拡散元素の濃度曲線

4：WCの平均粒径

5：ビッカース硬さ

特許出願人 東芝タンガロイ株式会社

第1図



第2図

